



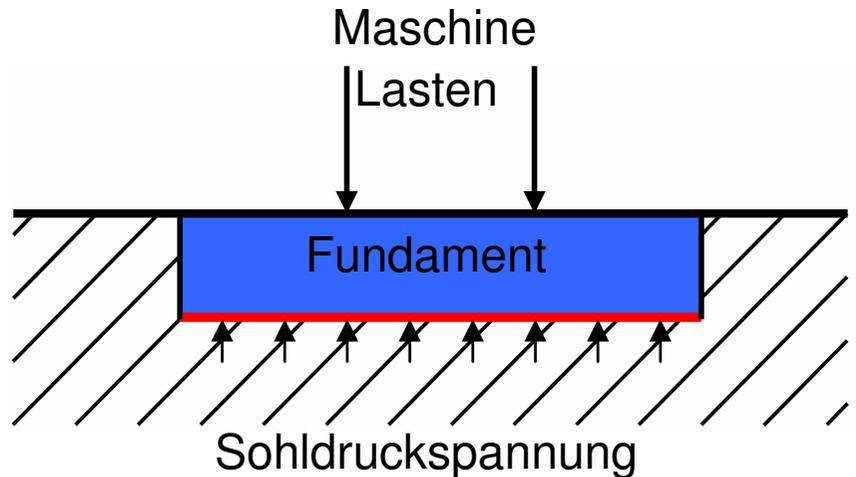
DIPL.-ING. KARL HARTL

STATISCHE BERECHNUNG + TRAGWERKSPLANUNG  
STAATL. BEF. U. BEEID. ZIV.-ING. F. BAUWESEN

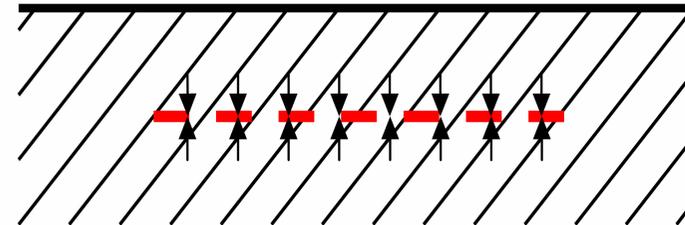
# BERECHNUNG und KONSTRUKTION von MASCHINENFUNDAMENTEN

im Hinblick auf die Einhaltung  
kleinster Verformungsgrenzen

# 1. Aufgaben- und Problemstellung



Ur-Zustand des Bodens



Verformungen

Durchbiegung  $f < 0,020\text{mm}$

Krümmung  $\varphi < 0,005\text{mm/m}$

$1\mu\text{m} = 0,001\text{mm}$



Genauigkeit EDV-Programm

Material Eigenschaften von

Beton

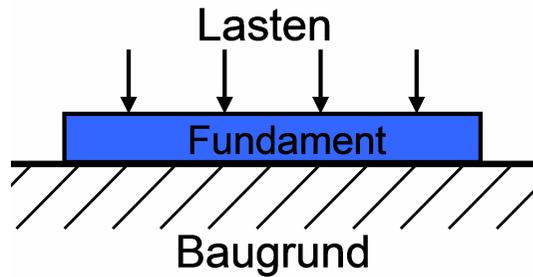
Baugrund

1 DIN A4 Seite =  $0,1\text{mm} = 100\mu\text{m}$

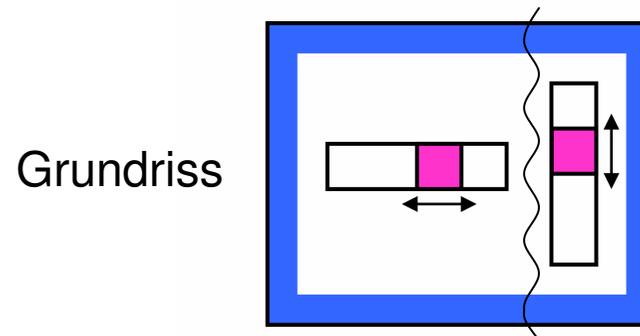
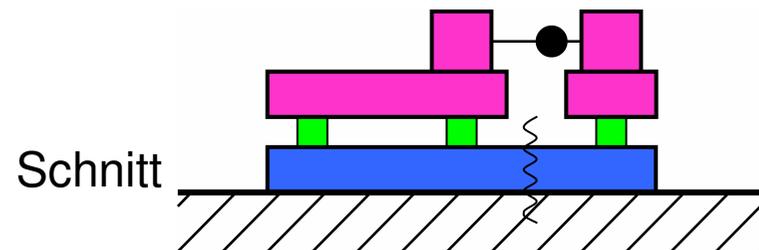
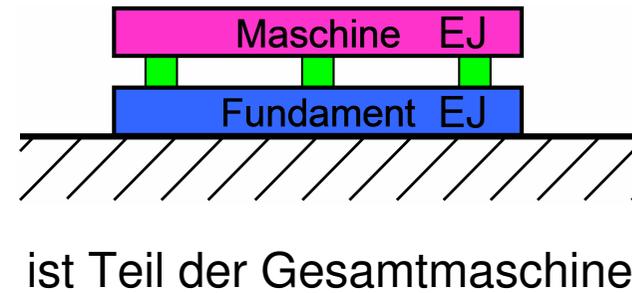
1/5 DIN A4 Seite =  $20\mu\text{m}$

## 2. Was ist zu konstruieren

Hochbaufundament



Maschinenfundament







# 3. Grundlagenermittlung

3.1. Man konstruiert einen Maschinenbauteil in Beton.

3.2. Verwendete Werkstoffe

## Maschinenbauer

### METALL

- Isotrop, Homogen, Linear
- Keine Langzeiteffekte
- Gleichbleibende Eigenschaften
- Maschinenbaugenaugigkeit ist Standard

## Betonbauer

### BETON

- Schwankungen
- Nicht Linear
- Kriechen+Schwinden

### BODEN

- Wie Beton
- Jedoch viel größere Streuungen

3.3. Herausfinden der Verformungsgrenzen und Anforderungen

- Kurzzeit-, Langzeitverformungen
- Was und wie wird geprüft?

**Zulässiger**

**Wert:** Die max. zulässige Abweichung unter Belastung beträgt 0,01/1.000 mm.

**B) Kontrolle der globalen Standfestigkeit der Fundamentplatte**

**Zweck:** Nachweis der Standfestigkeit der gesamten Fundamentplatte und Abschätzung der Durchbiegung unter maximaler Wanderlast.

**Kontrolle:** Die Ermittlung wird mittels 4 Messpunkte durchgeführt, welche laut Position A und B für das Maschinenfundament und laut Position C, D und E für den Tisch positioniert sind.

Die Messinstrumente werden auf den Auflageplatten auf Null gestellt und das Fundament wird nach dem unten angeführten Positionierungsprotokolls belastet. Von den abgelesenen Werten an den Messinstrumenten muss man gegebenenfalls die Werte abziehen, welche sich ergeben, wenn das Fundament wieder entlastet wird. Dies ist der Einfluss eines eventuellens Setzens des Fundamentes.

Die Last muss auf einer Fläche von ca. 1.500 mm x 1.500 mm aufgebracht werden.

Der Messanalyse kann man annäherungsweise die **Durchbiegung F1**, die **Abbiegung F2** und die **Neigung** der Fundamentplatte entnehmen.

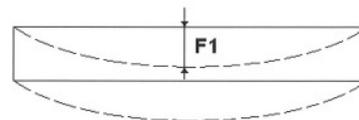
Für die Messungen im Bereich des Tischbettes wird die Last zuerst auf einer Seite des Verfahrweges, danach im Zentrum und schließlich auf der anderen Seite des Verfahrweges positioniert, wobei die Messinstrumente bei jeder Messung auf Null gestellt werden müssen.

Für die Messungen im Bereich des Maschinenbettes wird die Last nur an den Endpositionen des Verfahrweges aufgebracht, wobei die Messinstrumente bei jeder Messung auf Null gestellt werden müssen.

**Last:** Die Prüflast wird ermittelt, indem man die maximale Wanderlast berücksichtigt, welche auf das zu untersuchende Fundament einwirkt.

**Zulässiger** Die maximale zulässige Durchbiegung unter Belastung beträgt 0.040 mm.

**Wert:** Das maximale zulässige Kippen an der zentralen Wasserwaage bei dementsprechender Randbelastung beträgt  $\pm 0.005/1000$  mm.

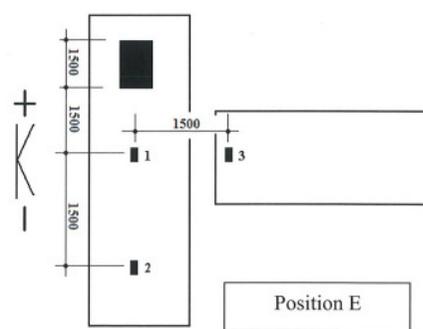
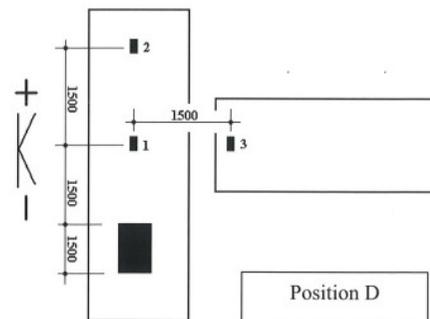
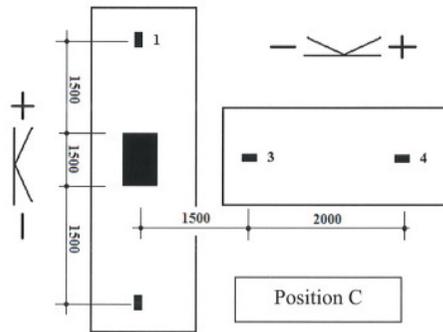
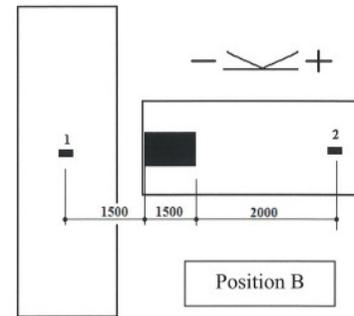
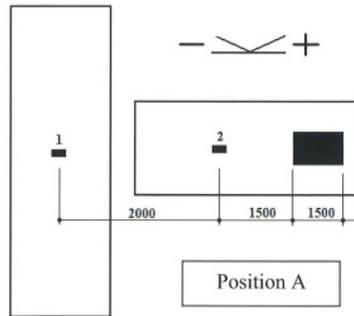


**Maximal zulässige Durchbiegung F1 der Fundamentplatte bei Maximalbelastung in der Mitte**

**Maximal zulässige Abbiegung F2 der Fundamentplatte bei dementsprechender Randbelastung**



**Positionierungsprotokoll der Lasten und Messpunkte für die  
Abnahme der Fundamentplatte:**





*Protokoll der Messdaten:*

Fig.	Messpunkt Nr.1	Messpunkt Nr.2	Messpunkt Nr.3	Messpunkt Nr.4
A	-0.002	-0.004		
B	-0.005	0.009		
C	0.008	-0.008	-0.005	-0.004
D	0.012	0.009	0.009	
E	-0.005	-0.005	-0.006	

**C) Kontrolle der Stabilität der Fundamentplatte**

**Zweck:** Diese Kontrollen sind nur dann notwendig, wenn mit der Zeit die Fundierung der Maschine sich ändern sollte.

**Kontrolle:** Hierzu sind fest verankerte und von äußerlichen Einflüssen geschützte Referenzpunkte nötig.  
Ein Beispiel einer Positionierung ist in der unteren Abbildung angegeben.  
In periodischen Abständen müssen Kontrollmessungen der Neigung zu den Referenzpunkten protokolliert werden.



# 3. Grundlagenermittlung

## 3.4. Schwingungen

Mit Bauherr und Maschinenbauer  
Schwingungs Eintrag + Austrag

## 3.5. Weitere Anforderungen

- Geometrie vom Fundament
- Einbauteile
- Einzubauende Stahlkonstruktionen, teils sehr aufwändig
- Nachbarbauteile und Einflüsse

# 3. Grundlagenermittlung

## 3.6. Baugrunderkundung

### 3.6.1 Tragfähigkeit und Verformung

#### Aufschlüsse: Sondierungen

- Anzahl: min (3) 4
- Methode DPH Schwere Rammsonde  
CPT Drucksonde  
SCPT Seismische Drucksonde

#### Kernbohrungen

- Anzahl: min (1) 2
- Tiefe: min 2-3x Fundbreite  
min 2-3m in harten Untergrund  
i.a. min Tiefe 20m
- Kerngewinnung
- Alle 2-3m SPT
- Wasserverhältnisse

### 3.6.2 Schwingungen

#### Dyn.Werte:

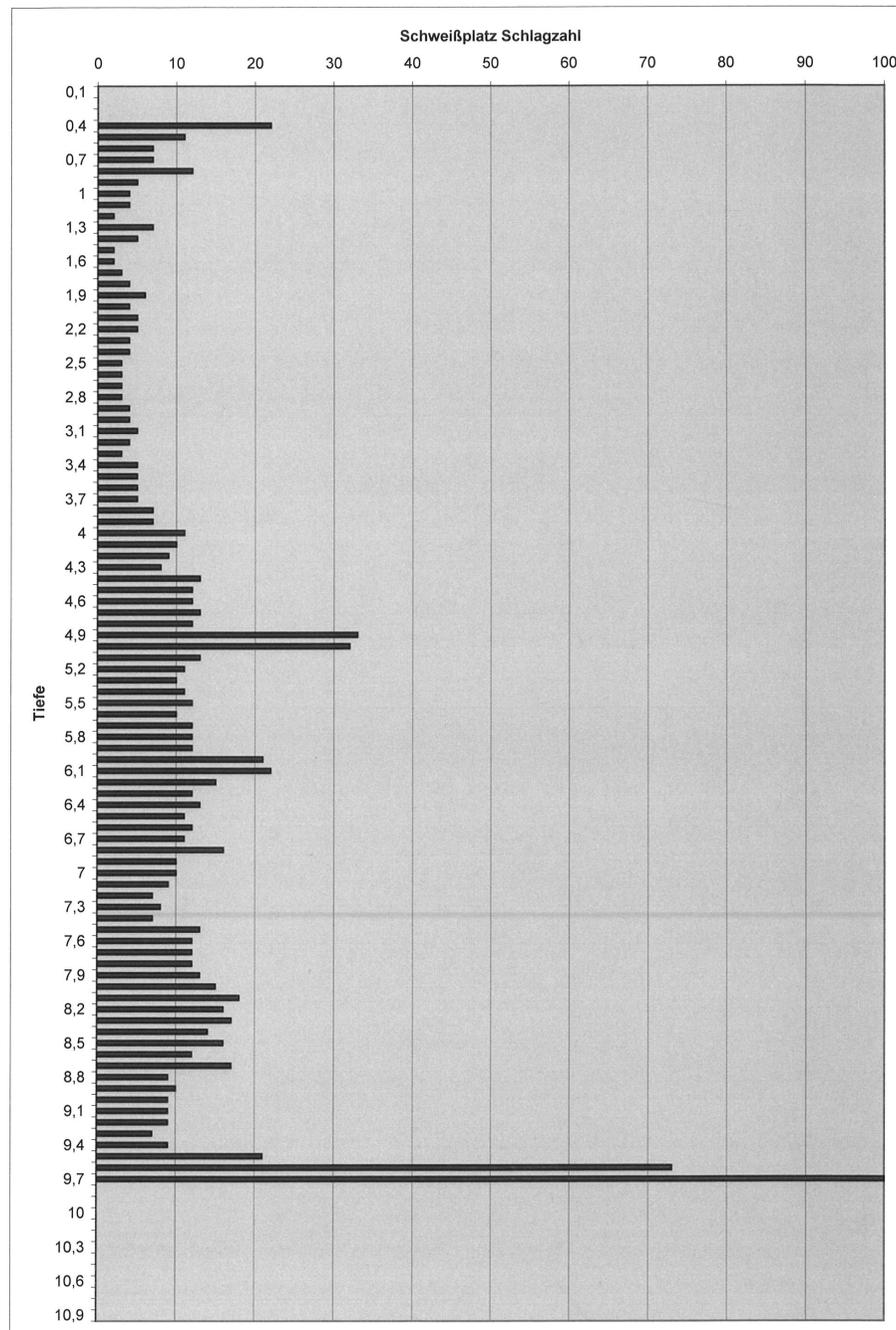
- Dyn. E-Modul
- Wellengeschwindigkeit
- Impedanzverhalten

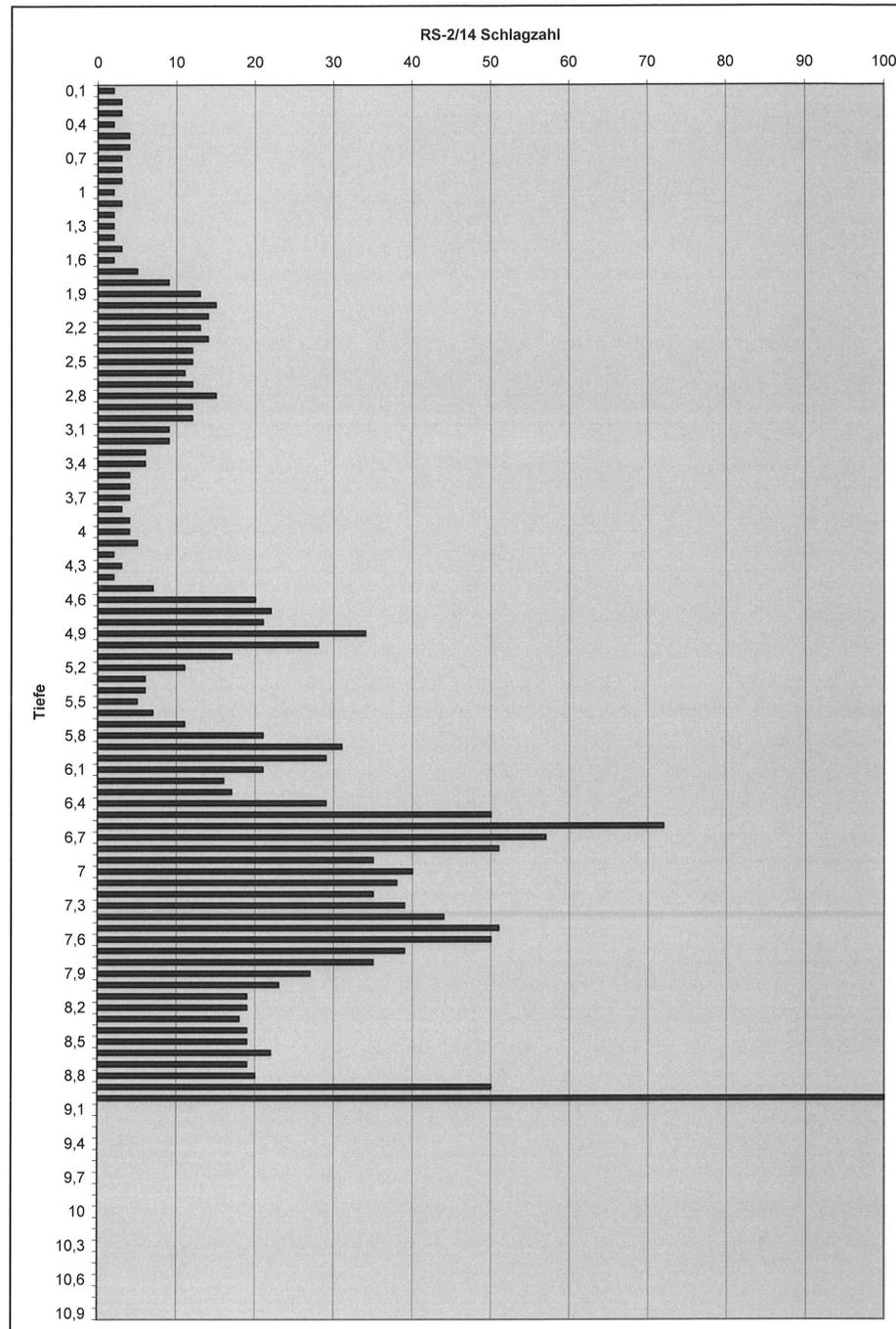
#### Örtlich

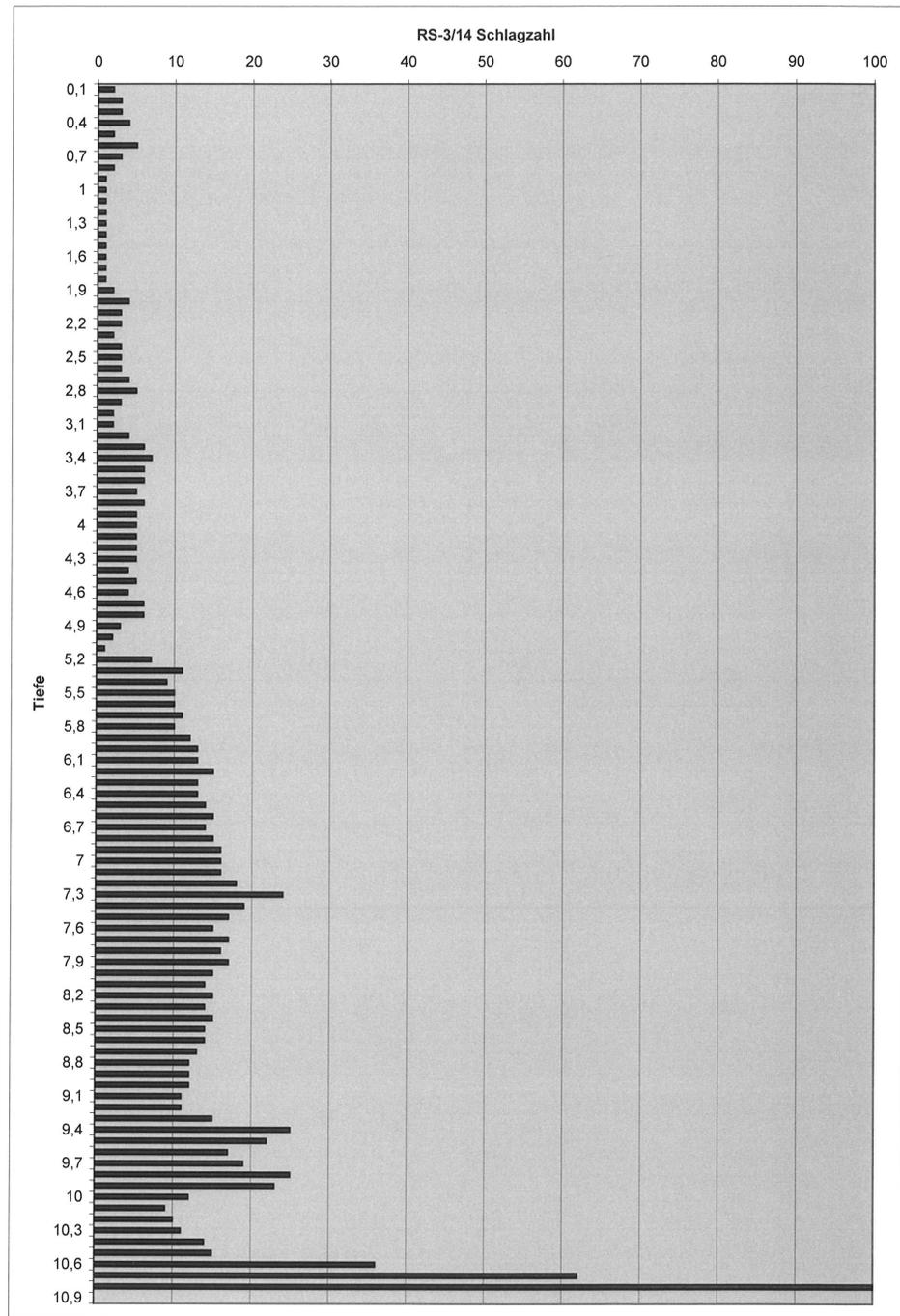
- Im Bereich des Fundaments  
und
- Umgebung des Fundaments

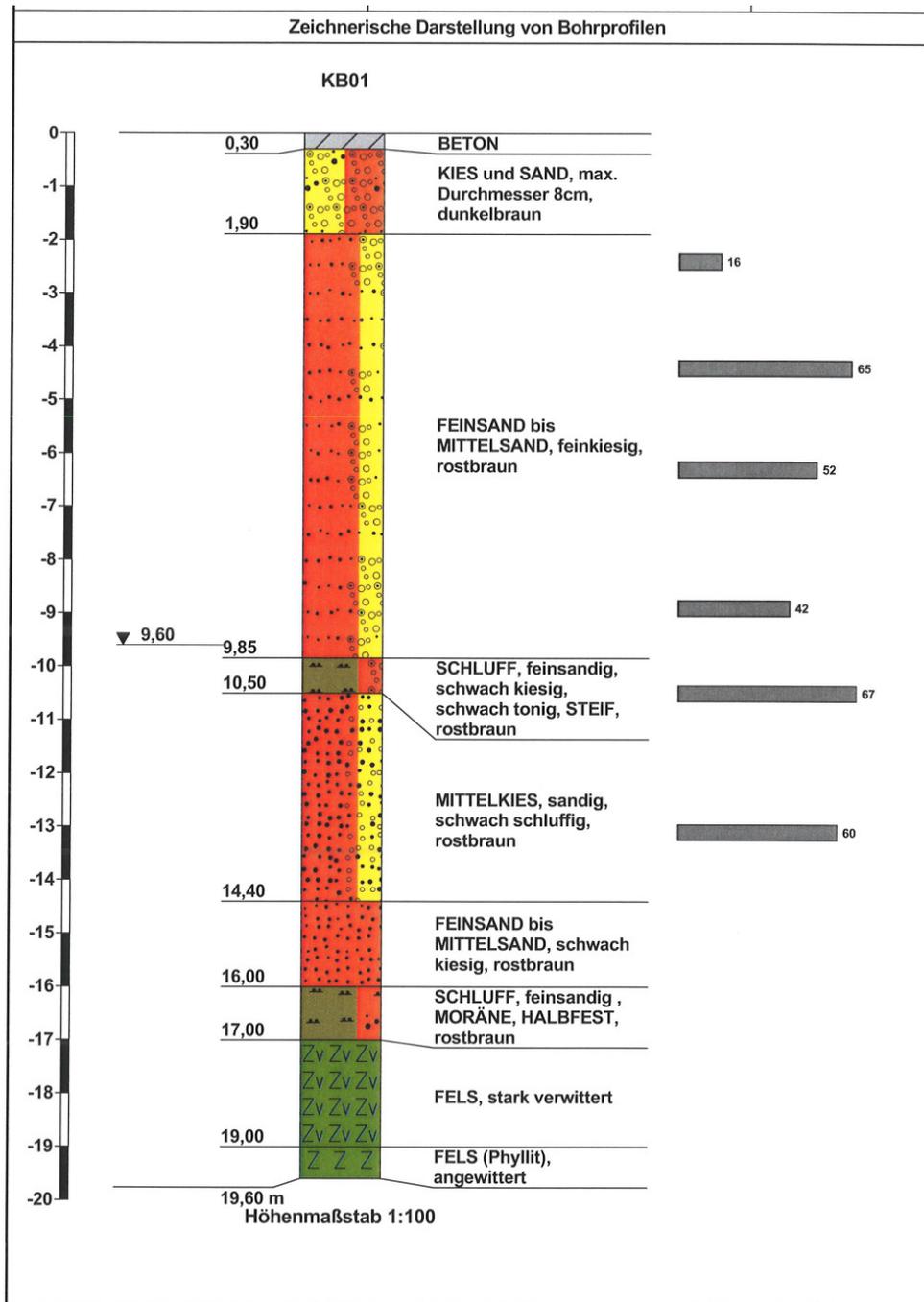
### 3.6.3 Allgemein

- Zusatzbelastung gering
- Reale Werte

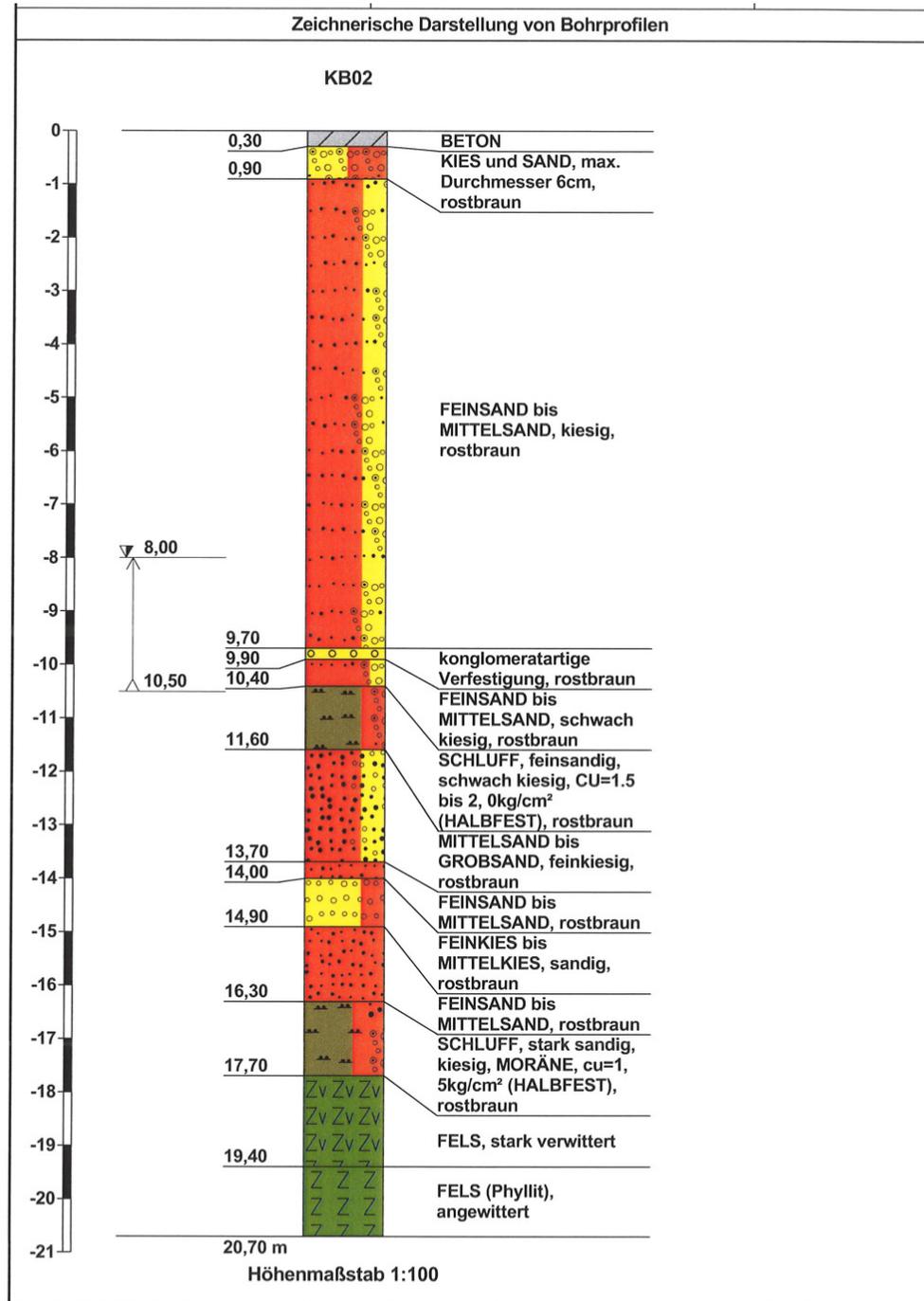




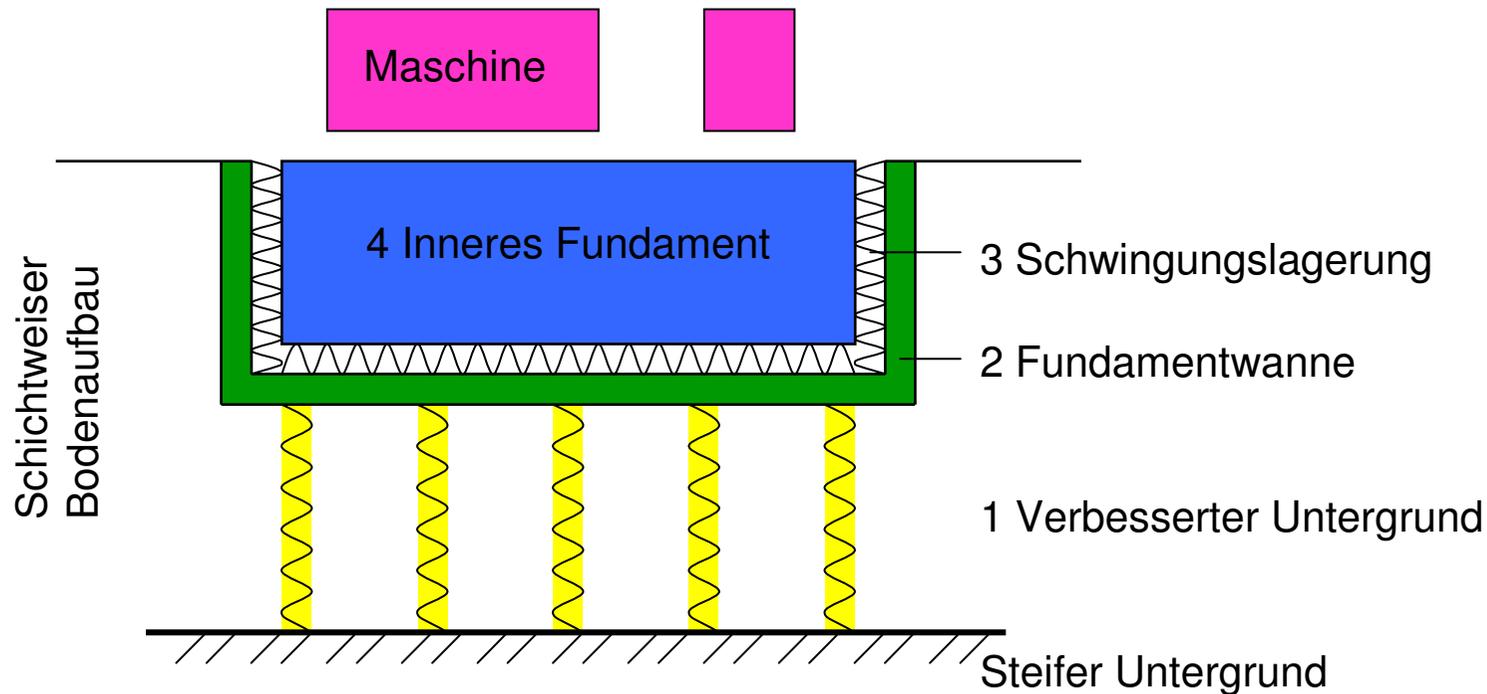




Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen



# 4. Fundamentkonstruktion

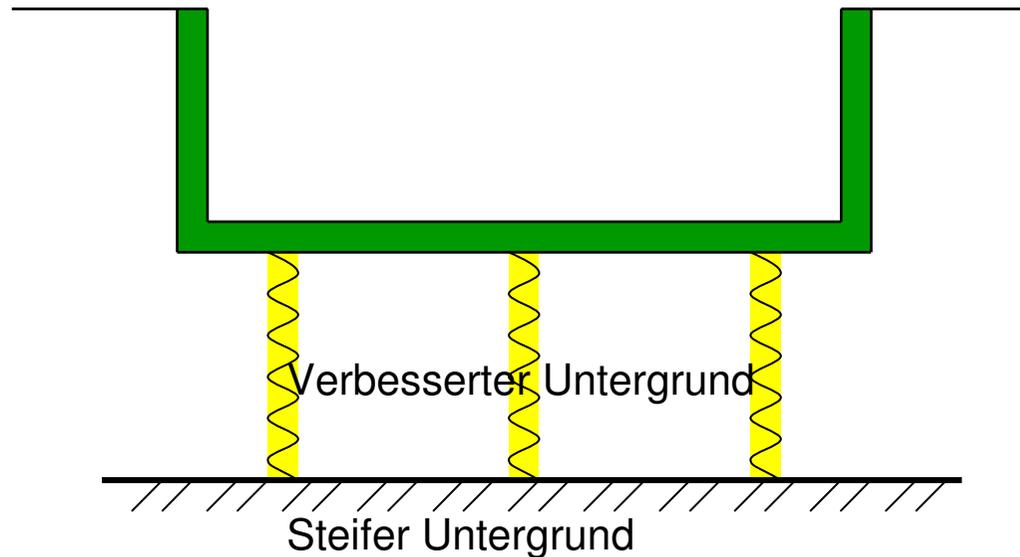


## Zusatzkonstruktionen:

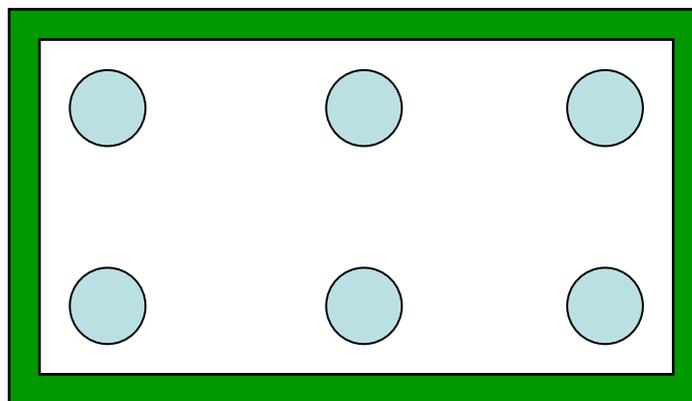
- Baugrubensicherung
- Sauberkeits- und Zwischenschichten
- Stahlkonstruktionen
- Dichtbänder
- Beschichtungen
- Betonbehandlung

# 4. Fundamentkonstruktion

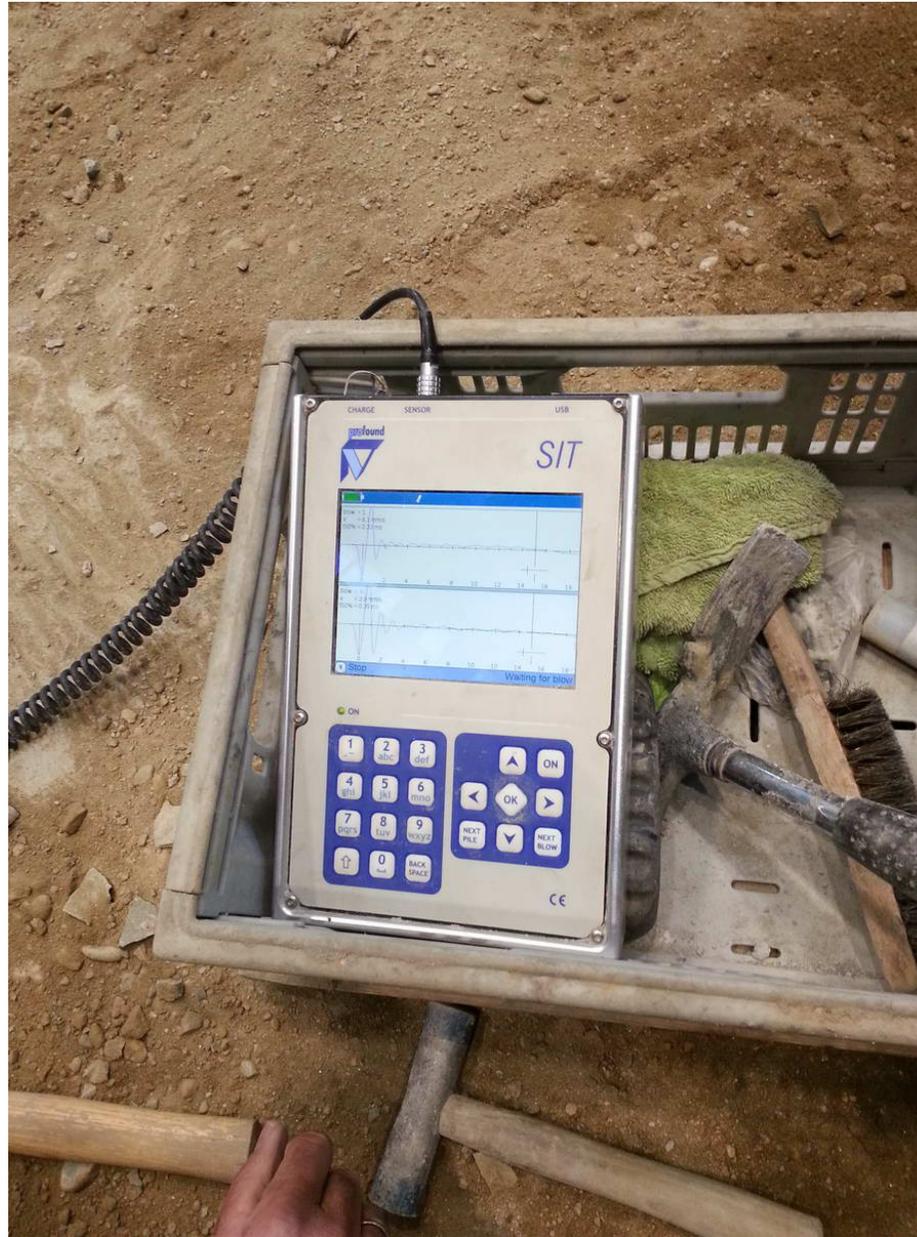
## 4.1 Verbesserter Untergrund



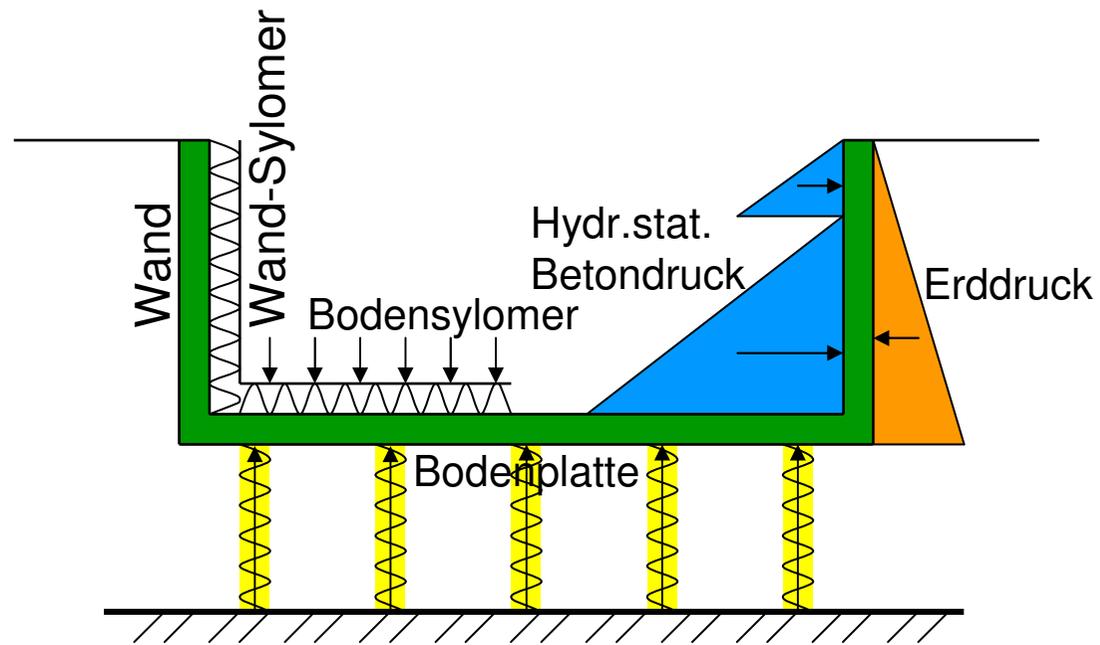
- Natürliche Böden  
Im Allg. zu weich  
Schwingungen  
Grundwasser  
ständig sich ändernde Werte
- Verbesserung  
DSV  
SOB  
Pfähle
- Ziel
- Kosten







## 4.2 Wanne



Wand:

1. Erddruck
2. Betondruck
3. Sylomer

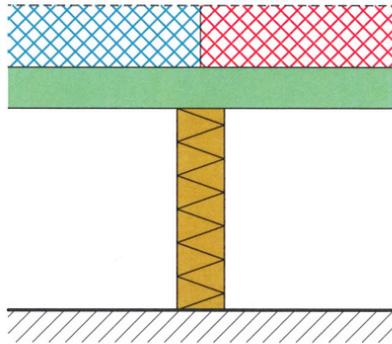
Bodenplatte:

1. Fund. Wand
2. Sylomer
3. Federplatte



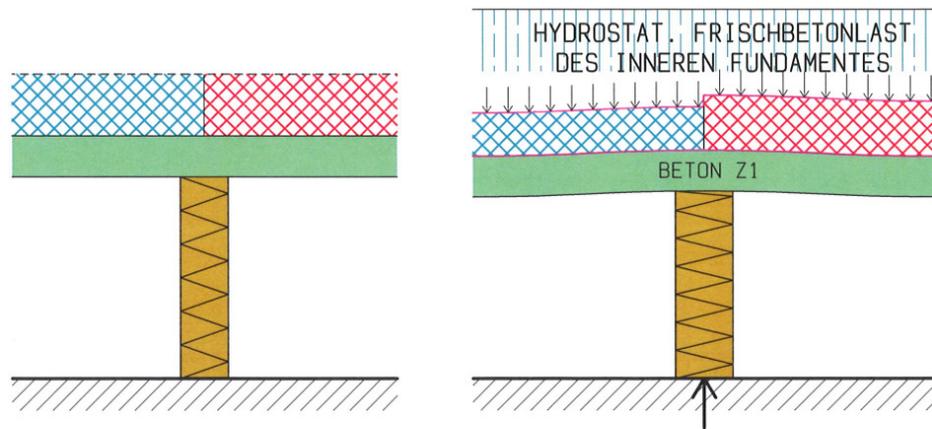
## 4.2.2 WANNENBODENPLATTE

erf. DICKE DER WANNENBODENPLATTE  
BETTUNGSMODUL  $K$  für INNERES FUNDAMENT



## 4.2.2 WANNENBODENPLATTE

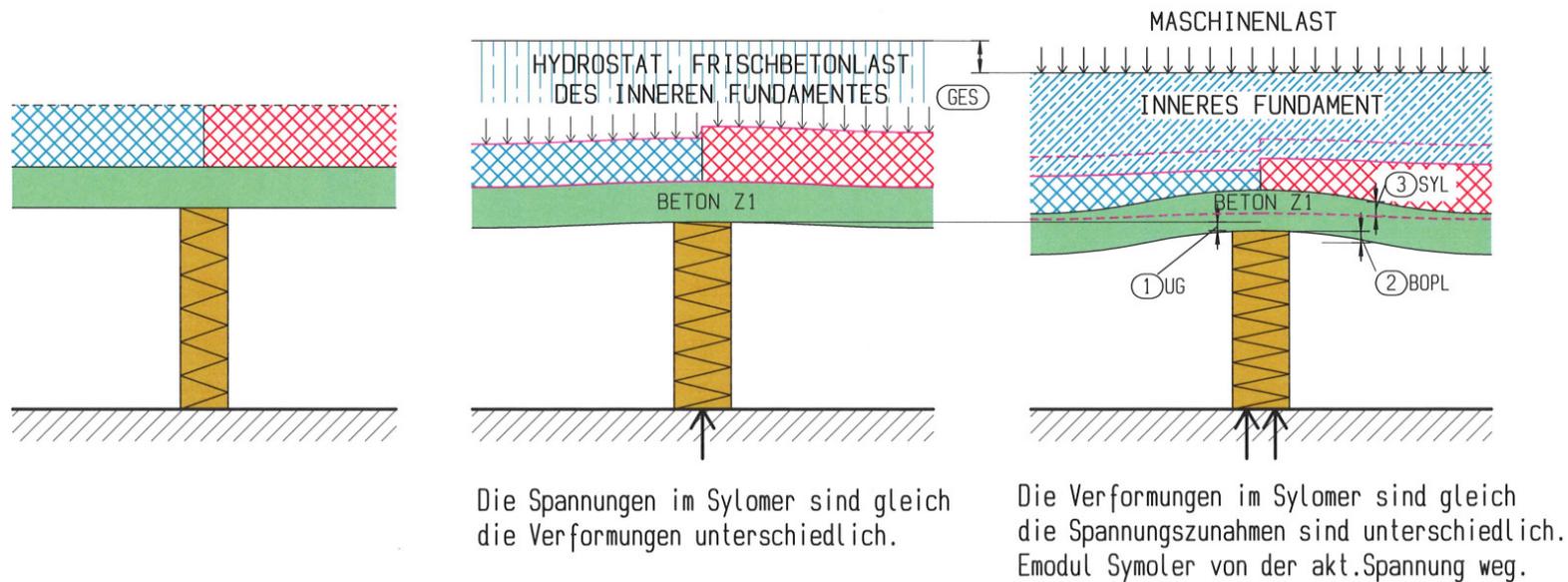
erf. DICKE DER WANNENBODENPLATTE  
BETTUNGSMODUL  $K$  für INNERES FUNDAMENT



Die Spannungen im Sylomer sind gleich  
die Verformungen unterschiedlich.

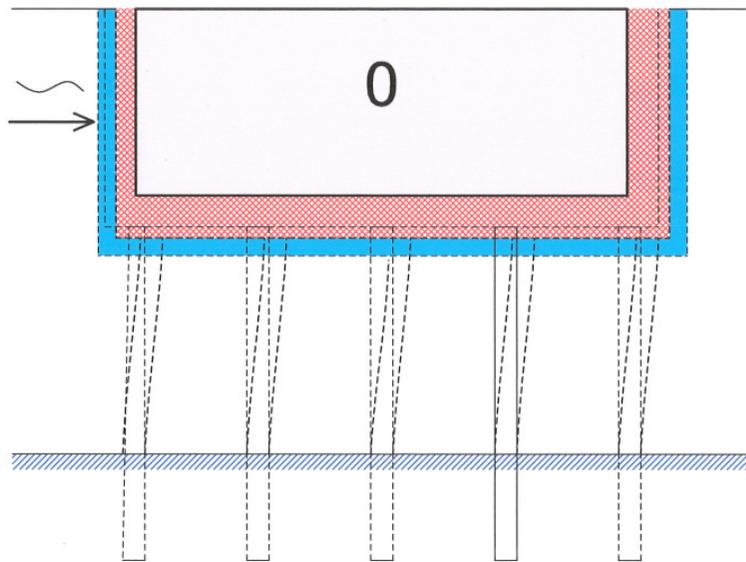
## 4.2.2 WANNENBODENPLATTE

erf. DICKE DER WANNENBODENPLATTE  
BETTUNGSMODUL K für INNERES FUNDAMENT

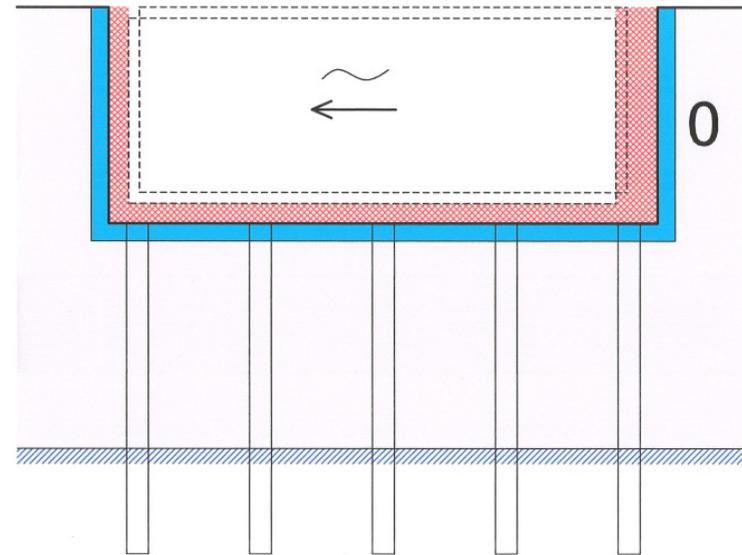


# 4.3 Schwingungslagerung

DÄMPFUNG DES SCHWINGUNGEINTRAGES  
VON AUSSEN NACH INNEN (KRAN, ZUG, MASCHINEN)



DÄMPFUNG DES SCHWINGUNGAUSTRAGES  
VON INNEN NACH AUSSEN



# 4.3 Schwingungslagerung

Tief abgestimmte Fundamente

Große Masse +

Weiche Bettung  Untergrundverbesserung

Entfall der Untergrundverbesserung nicht möglich

- Untergrund ohne Verbesserung zu weich
- durch Schwingungen Bodennachverdichtung
- Schwingungsdämpfung im Baugrund

Dimensionierung der Schwingungsdämpfung

- Widersprüchliche Anforderungen
- weiche Bettung <> kleine Verformung
- mehr Masse und steiferes Fundament

Größe der Dicke begrenzt

- Kosten
- Rissfreie Betonherstellung





# 4.4. Berechnung des inneren Fundamentes

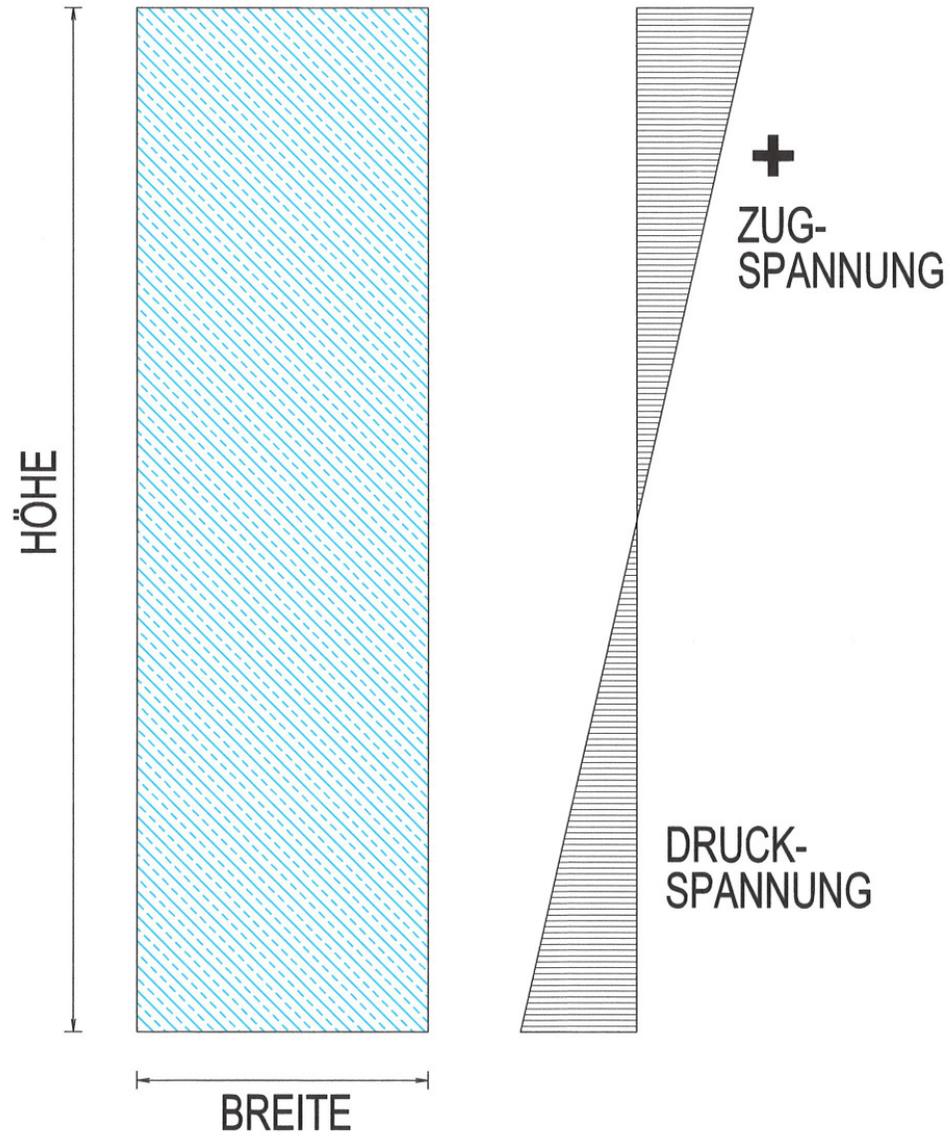
Dicke Platte

EDV-Programm

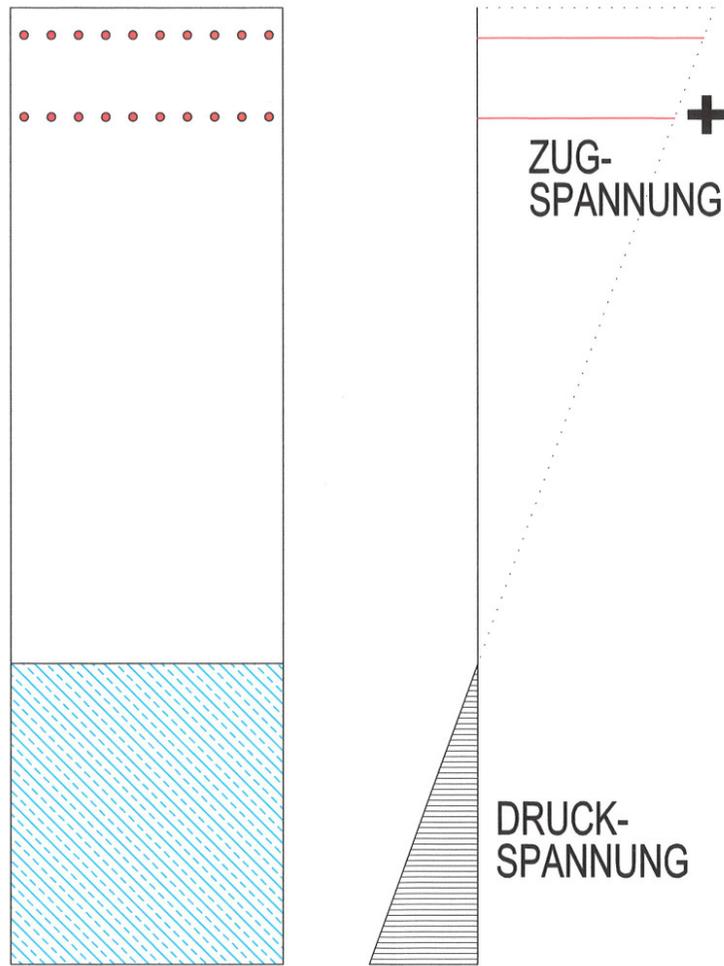
Größe der Spannungen

Größe der Verformungen: Dicke, EJ, Zustand 1

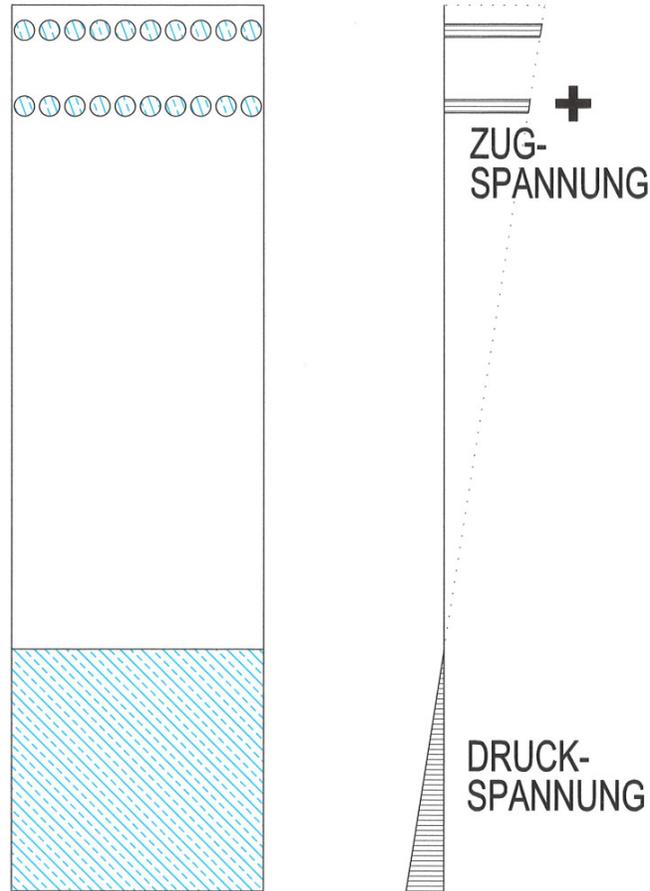
-> Rissefreier Beton



TRÄGHEITSMOMENT OHNE RISS:  
 $J = B * HÖHE^{**3} / 12$



TRÄGHEITSMOMENT MIT RISS:  
Bewehrung Baustahl Bst550  
DN30mm alle 10cm 2-Lagig  
Die leere Fläche wirkt infolge  
des Risses nicht mehr auf Zug mit.



TRAGHEITSMOMENT MIT RISS:  
 Der E-Modul von Stahl ist ca 7x  
 größer als der von Beton.  
 Die ideelle Querschnittsfläche  
 ist daher jene vom Beton ohne Riss  
 plus der Stahlfläche \* 7.  
 Das Trägheitsmoment J ist aber  
 trotzdem nur ca 1/5 als jenes  
 vom ungerissenen Beton.















